



Modulador Biométrico de Estresse (MBE): Desenvolvimento e Validação de um Dispositivo de Tecnologia Assistiva de Baixo Custo, Baseado em Arduino, Biofeedback de Frequência Cardíaca e Neuromodulação Sonora, para o Controle de Crises em Crianças com TEA

Orientador: Professor e Musicoterapeuta: Maycon dos Santos Moraes (AMTPE 149-1)

Estudante: Maria Eduarda Conceição Bezerra

EREM Professora Adélia Leal Ferreira – Caruaru - PE

INTRODUÇÃO

No contexto do Transtorno do Espectro Autista (TEA), as crises de desregulação sensorial e emocional representam um dos maiores desafios clínicos e educacionais. Esses episódios não surgem de forma abrupta; eles são precedidos por alterações fisiológicas mensuráveis, especialmente no Sistema Nervoso Autônomo.

O aumento súbito da frequência cardíaca é um marcador robusto de ativação simpática — o clássico estado de “luta ou fuga”. O problema é que, na prática cotidiana, a identificação desse momento prodromico ainda depende de observação comportamental subjetiva, frequentemente tardia.

O Modulador Biométrico de Estresse (MBE) surge como resposta a essa lacuna. O projeto integra biofeedback de frequência cardíaca, algoritmos embarcados em plataforma Arduino e neuromodulação sonora baseada em frequências terapêuticas, estruturando um sistema de circuito fechado capaz de detectar precocemente o início da desregulação e intervir automaticamente por meio de estímulo auditivo calibrado.

Trata-se de uma convergência entre Engenharia Biomédica de baixo custo, Neurociência Clínica e Musicoterapia.

METODOLOGIA

Desenvolvimento do Dispositivo:

Foi construído um protótipo vestível utilizando Arduino, sensor de frequência cardíaca (MAX30100/Pulse sensor, módulo de áudio DFPlayer Mini, cartão MicroSD e bateria recarregável.

Validação Técnica

A precisão da frequência cardíaca foi comparada com oxímetro clínico de referência, também foi medida a latência entre detecção do limiar e início da reprodução sonora.

Programação e Lógica de Funcionamento

O algoritmo foi desenvolvido na IDE do Arduino, a frequência cardíaca foi monitorada continuamente, foi estabelecida uma linha de base individual (FC basal).

O sistema identificava início de crise quando a FC ultrapassava 20% acima da basal por 10 segundos, ao atingir o limiar, o dispositivo acionava automaticamente a intervenção sonora com frequências terapêuticas, utilizando aumento gradual de volume.

Estudo Piloto de Eficácia

O dispositivo foi testado durante 4 semanas com 5 crianças com TEA em ambiente terapêutico, foram registrados dados fisiológicos (FC antes e após intervenção) e comportamentais (intensidade e desfecho da crise), a análise foi descritiva, observando redução da FC e mitigação dos episódios.

RESULTADOS

O sistema utiliza biofeedback de frequência cardíaca para identificar aumento sustentado acima da linha de base individual. Ao atingir o limiar definido, o dispositivo aciona imediatamente uma intervenção sonora com frequências terapêuticas associadas ao relaxamento e à modulação do Sistema Nervoso Autônomo.

Nos testes técnicos, o MBE apresentou margem de erro média de 2,8 BPM em comparação com oxímetro clínico e latência de resposta inferior a 1 segundo. No estudo piloto com cinco crianças, foram registrados 42 eventos de desregulação. A intervenção resultou em redução média de aproximadamente 17 BPM na frequência cardíaca em até dois minutos e mitigação ou prevenção da escalada da crise em 76,2% dos casos.

OBJETIVOS

Desenvolver e validar um dispositivo de tecnologia assistiva de baixo custo, baseado em biofeedback de frequência cardíaca e neuromodulação sonora, capaz de detectar precocemente sinais fisiológicos de desregulação em crianças com TEA e intervir previamente para mitigar crises comportamentais



Figura 01: Centro Terapeutico
FONTE: Autor



Figura 02: Utilização das
Frequências Musicais
FONTE: Autor



Figura 03: Montagem do
MBE
FONTE: Autor

CONCLUSÕES

O sistema conseguiu identificar aumentos sustentados compatíveis com ativação simpática antes da manifestação comportamental mais intensa.

No estudo piloto, a intervenção sonora automatizada foi associada a redução média significativa da frequência cardíaca e à mitigação da escalada da crise na maioria dos eventos registrados. Os trabalhos sustentam a hipótese central de que o biofeedback integrado à neuromodulação sonora pode modular o Sistema Nervoso Autônomo em tempo real, deslocando o manejo das crises de uma abordagem reativa para uma estratégia preventiva.

Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela científica. O tamanho da amostra é reduzido e o estudo possui caráter exploratório. São necessários ensaios clínicos randomizados e amostras maiores para validação estatística robusta.

Mesmo com essas limitações, o projeto apresenta contribuição relevante ao campo da Tecnologia Assistiva ao propor uma solução acessível, replicável e fundamentada em bases neurofisiológicas. O MBE não se propõe a substituir intervenção terapêutica humana, mas a ampliá-la com dados objetivos e resposta automatizada.

Concluindo o dispositivo responde positivamente à questão-problema e abre caminho para novas pesquisas em biofeedback aplicado ao TEA. Quando engenharia, neurociência e musicoterapia dialogam com rigor metodológico, surgem ferramentas que não apenas medem sinais vitais — elas ampliam possibilidades de autorregulação e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, C. N., et al. (2022). Efeitos da musicoterapia na regulação fisiológica em crianças com Transtorno do Espectro Autista. *Revista Brasileira de Musicoterapia*, 26(1), 1-15

BORGES, Anna de Paula Freitas et al. Neurociência da música e ações da musicoterapia nos transtornos mentais: uma revisão sistemática. 2021

Louro, L. F. (2017). Neuromodulação por frequências sonoras: Revisão de Literatura e aplicação clínica. *Cadernos de Psicologia*, 18(2), 150-165.

